

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-86533

(P2003-86533A)

(43)公開日 平成15年3月20日 (2003.3.20)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>8</sup> (参考)
H 01 L 21/28 33/00	3 0 1	H 01 L 21/28 33/00	3 0 1 H 4 M 1 0 4 C 5 F 0 4 1
H 01 S 5/323	6 1 0	H 01 S 5/323	6 1 0 5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数12 OL (全 8 頁)

(21)出願番号 特願2001-277369(P2001-277369)

(22)出願日 平成13年9月13日 (2001.9.13)

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 津田 有三

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

(74)代理人 100102277

弁理士 佐々木 晴康 (外2名)

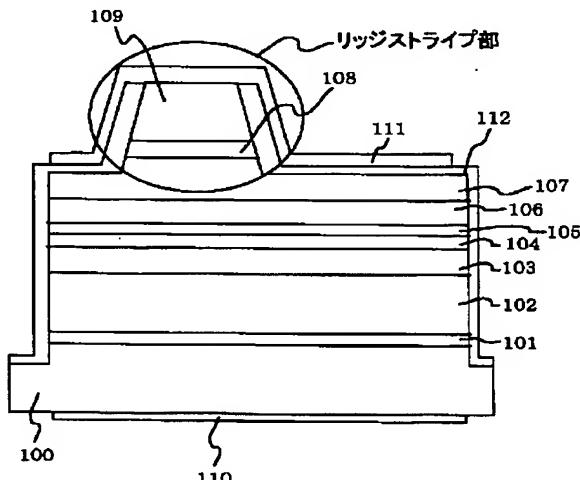
最終頁に続く

(54)【発明の名称】窒化物半導体素子および半導体装置

(57)【要約】

【課題】 本発明は、窒化物半導体上に形成された誘電体膜と電極の、密着性を改善し、これらの剥離を防止することを目的とする。

【解決手段】 本発明は、窒化物半導体層、電極および誘電体膜を含む窒化物半導体素子において、前記窒化物半導体層と前記誘電体膜との間に接して、As、PまたはSbから選ばれる1種類以上の元素Xを含む、InGa<sub>N</sub>Xコンタクト層を具備することによって誘電体膜の剥離を防止することが可能である。また、前記InGa<sub>N</sub>Xコンタクト層に接して電極を形成することによって、電極剥離を防止することが可能である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 窒化物半導体層、電極および誘電体膜を含む窒化物半導体素子において、前記窒化物半導体層と前記誘電体膜との間に接して、As、PまたはSbから選ばれる1種類以上の元素Xを含む、InGaNXコンタクト層を具備することを特徴とする窒化物半導体素子。

【請求項2】 前記InGaNXコンタクト層に接して、電極が形成されることを特徴とする窒化物半導体素子。

【請求項3】 前記InGaNXコンタクト層の、元素X/(N+元素X)で見積もられる元素Xの原子分率が0.01%以上100%以下であることを特徴とする請求項1または2に記載の窒化物半導体素子。

【請求項4】 前記InGaNXコンタクト層の、In/(In+Ga)で見積もられるInの原子分率が0.01%以上35%以下であることを特徴とする請求項1から3の何れかの項に記載の窒化物半導体素子。

【請求項5】 前記InGaNXコンタクト層がSi、C、Zn、CdまたはMgの不純物群のうち少なくとも1種類以上の不純物を含み、かつ、前記不純物の総添加量が $1 \times 10^{16}$ 以上 $1 \times 10^{21}$ /cm<sup>3</sup>以下であることを特徴とする請求項1から4の何れかの項に記載の窒化物半導体素子。

【請求項6】 前記InGaNXコンタクト層の厚みが1nm以上400nm以下であることを特徴とする請求項1から5の何れかの項に記載の窒化物半導体素子。

【請求項7】 前記電極がPdまたはPtのうち少なくとも何れかを含むことを特徴とする請求項1から6の何れかの項に記載の窒化物半導体素子。

【請求項8】 前記電極の厚みが1nm以上600nm以下であることを特徴とする請求項1から7の何れかの項に記載の窒化物半導体素子。

【請求項9】 前記誘電体膜の厚みが50nm以上500nm以下であることを特徴とする請求項1から8の何れかの項に記載の窒化物半導体素子。

【請求項10】 前記誘電体膜が酸化珪素もしくは窒化珪素の何れかを含むことを特徴とする請求項1から9の何れかの項に記載の窒化物半導体素子。

【請求項11】 前記窒化物半導体素子の基板が窒化物半導体基板であることを特徴とする請求項1から10の何れかの項に記載の窒化物半導体素子。

【請求項12】 請求項1から11の何れかの項に記載のInGaNXコンタクト層を用いた半導体装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、窒化物半導体上に形成された電極の剥離防止と、窒化物半導体上に形成された誘電体膜の剥離防止をした窒化物半導体素子および半導体装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、窒化物半導体と電極との間の密着性は好ましくなく、電極剥がれによる素子の歩留まり率低下が問題であった。また、例えば、図1のリッジストライプ構造を有する窒化物半導体レーザ素子が作製される際、そのリッジストライプ幅は2μm以下で微細加工する必要があるため、リッジストライプの側壁に蒸着した誘電体膜がしばしば剥離し、素子不良率が増大するといった問題があった。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、窒化物半導体上に形成された電極の剥がれと、誘電体膜の剥離を改善することを主目的とする。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】 本発明は、窒化物半導体層、電極および誘電体膜を含む窒化物半導体素子において、前記窒化物半導体層と前記誘電体膜との間に接して、As、PまたはSbから選ばれる1種類以上の元素Xを含む、InGaNXコンタクト層を具備することを特徴とする。このことによって、誘電体膜の剥がれが防止され、素子の歩留まり率が向上し得る。

【0005】 ここで、本明細書で説明される窒化物半導体層とは、少なくともAl<sub>x</sub>G<sub>y</sub>In<sub>z</sub>N (0≤x≤1, 0≤y≤1, 0≤z≤1, x+y+z=1) を含む層である。また、窒化物半導体層は、n型もしくはp型の極性を有する。

【0006】 本発明は、InGaNXコンタクト層に接して、電極が形成されることを特徴とする。このことによって、電極の剥がれが防止され、素子の歩留まり率が向上し得る。

【0007】 本発明は、InGaNXコンタクト層の、元素X/(N+元素X)で見積もられる元素Xの原子分率が0.01%以上100%以下であることが好適である。

【0008】 本発明は、InGaNXコンタクト層の、In/(In+Ga)で見積もられるInの原子分率が0.01%以上35%以下であることが好適である。

【0009】 本発明は、InGaNXコンタクト層がSi、C、Zn、CdまたはMgの不純物群のうち少なくとも1種類以上の不純物を含み、かつ、前記不純物の総添加量が $1 \times 10^{16}$ 以上 $1 \times 10^{21}$ /cm<sup>3</sup>以下であることが好適である。

【0010】 本発明は、InGaNXコンタクト層の厚みが1nm以上400nm以下であることが好ましい。

【0011】 本発明は、前記電極がPdまたはPtのうち少なくとも何れかを含むことが好適である。本発明は、前記電極の厚みが1nm以上600nm以下であることが好ましい。本発明は、前記誘電体膜の厚みが50nm以上500nm以下であることが好ましい。本発明は、前記誘電体膜が酸化珪素もしくは窒化珪素の何れか

を含むことが好ましい。本発明は、前記窒化物半導体素子の基板が窒化物半導体基板であることが好ましい。前記InGaNXコンタクト層は、半導体装置に好ましく用いられる。

【0012】

【発明の実施の形態】<実施の形態1>

(本発明のInGaNXコンタクト層について) 本発明は、窒化物半導体層と誘電体膜との間に接して、As、PまたはSbから選ばれる1種類以上の元素Xを含む、InGaNXコンタクト層を具備することによって、誘電体膜との密着性が好ましく、誘電体膜の剥がれを防止することが可能である。また、InGaNXコンタクト層に接して電極が形成されることによって、電極剥がれも防止することができる。これらによって素子不良が低減し、素子の歩留まり率が数%~数十%程度向上する。

【0013】本発明に係るInGaNXコンタクト層は、具体的には、InGaNAs、InGaNp、InGaNsb、InGaNAsPなどである。

【0014】また、前記誘電体膜とは、具体的には、酸化珪素(SiO<sub>x</sub>など)、窒化珪素(SiN<sub>x</sub>)、Al<sub>x</sub>O<sub>y</sub>などである。

【0015】InGaNXコンタクト層に電極を形成する際、予めウェットエッチングもしくはドライエッチングで該コンタクト層の表面を処理してから電極を蒸着しても構わない。このことにより、密着性がより向上される。また、InGaNXコンタクト層はこれらのエッチング処理を行っても表面損傷が少ないために好ましい。

【0016】本発明に係るInGaNXコンタクト層に添加される不純物は、Si、C、Zn、CdまたはMgの不純物群のうち少なくとも1種類以上が好ましく用いられる。前記不純物の総添加量は1×10<sup>-10</sup>以上1×10<sup>-11</sup>/cm<sup>3</sup>以下の範囲が好ましい。この範囲外で前記不純物が添加されると密着性が好ましくなく、コンタクト抵抗も増大し、InGaNXコンタクト層の結晶性が低下する恐れがある。InGaNXコンタクト層に添加される前記不純物は、その上に形成される電極側に向かって、不純物の添加量を多くした方が好ましい。このことにより、電極形成によるコンタクト抵抗が低減し、尚且つ密着性も向上し得る。Mgを不純物としてInGaNXコンタクト層に添加する場合は、Mgの活性化を向上させるために、その製法において前記InGaNXコンタクト層の成長中に微量の酸素が混入されても構わない。本発明に係るInGaNXコンタクト層の厚みは1nm以上400nm以下が好ましく、さらに好ましくは5nm以上200nm以下である。InGaNXコンタクト層の厚みが1nm未満では、十分な密着性を得ることが困難になる。他方、InGaNXコンタクト層の厚みが400nmを超えると剥離しやすい。さらにInGaNXコンタクト層は、元素Xの原子分率によって以下の好ましい厚みを選択することが可能である。

【0017】元素Xの原子分率が0.01%以上18%以下であれば、InGaNXコンタクト層の厚みは50nm以上400nm以下が好ましく、さらに好ましくは50nm以上200nm以下である。他方、元素Xの原子分率が18%よりも大きく100%以下であれば、InGaNXコンタクト層の厚みは5nm以上200nm以下が好ましく、さらに好ましくは5nm以上100nm以下である。これらの厚みの範囲を選択することによって、表面モフォロジーの悪化を抑え、且つ誘電体膜の剥離と電極剥離を防止することが可能である。

【0018】本発明に係るInGaNXコンタクト層の、元素X/(N+元素X)で見積もられる元素Xの原子分率は0.01%以上100%以下が好ましい。元素Xの原子分率が大きくなるにつれて誘電体膜剥離や電極剥離を防止する効果が強くなる傾向にある。しかしながら原子分率が0.01%よりも小さいと前記効果が得られにくくなる。

【0019】元素Xの原子分率が0.01%以上18%以下では電極剥離防止効果に加えて、コンタクト抵抗が小さくなるために好適である。

【0020】InGaNXコンタクト層の元素Xの原子分率は、その上に形成される誘電体膜側もしくは電極側に向かって、大きくした方が好ましい。このことにより、誘電体膜剥離防止効果と電極剥離防止効果を得ることが可能である。

【0021】本発明に係るInGaNXコンタクト層の、In/(In+Ga)で見積もられるInの原子分率は0.01%以上35%以下が好ましい。さらに好ましくは0.5%以上25%以下である。Inが大きくなるにつれてコンタクト抵抗が低減し、誘電体膜剥離や電極剥離を防止する効果が強くなる傾向にある。しかしながらInの原子分率が0.01%よりも小さいと前記効果が得られにくくなる。またInの原子分率が35%を超えると結晶性が低下し始める。0.5%以上25%以下ではより歩留まり率を向上し得る。

【0022】また、コンタクト層に上記範囲内でInが含まれると、ドライエッチングやウェットエッチングを施してもその表面が荒れにくく、表面モフォロジーが好ましい。

【0023】InGaNXコンタクト層のInの原子分率は、その上に形成される誘電体膜側もしくは電極側に向かって、大きくした方が好ましい。このことにより、より一層の誘電体膜剥離防止効果と電極剥離防止効果を得ることが可能である。

(窒化物半導体層について) 本発明に係るInGaNXコンタクト層と接する窒化物半導体層は、少なくともAl<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>In<sub>z</sub>N(0≤x≤1, 0≤y≤1, 0≤z≤1, x+y+z=1)含む層である。前記窒化物半導体層は、Si、O、Cl、S、C、Ge、Zn、Cd、MgおよびBeの不純物群のうち、何れかの不純物が1

種類以上添加されても構わない。

【0024】また、窒化物半導体層に添加される不純物は、その上に形成される本発明のInGaNXコンタクト層側に向かって、不純物の添加量を多くした方が好ましい。このことにより、コンタクト抵抗の低減に寄与することができる。Mgを不純物として窒化物半導体層に添加する場合は、Mgの活性化を向上させるために、その製造方法において前記窒化物半導体層の成長中に微量の酸素が混入されても構わない。

【0025】本発明に係わるInGaNXコンタクト層と接する窒化物半導体層は、具体的には、InGaN、GaN、AlGaN、InAlGaNなどが好ましく用いられる。

【0026】InGaN層上にInGaNXコンタクト層が形成されると、これらの層との間の接触比抵抗が低いために好ましい。また、元素Xが前記InGaN層中に拡散したとしても、その結晶中の構成要素はInGaNXコンタクト層と同じであり、素子に与える劣化は小さい。また、InGaN層上のInGaNXコンタクト層は結晶性が良好であるため好ましい。

【0027】GaN層上にInGaNXコンタクト層が形成されると、これらの層との間の接触比抵抗が小さくなるために好ましい。

【0028】AlGaN層上にInGaNXコンタクト層が形成されると、元素XがAlGaN層を伝播してさらにその下の層へと拡散するのを防止し、素子特性が悪化するのを抑制し得るために好ましい。

【0029】InAlGaN層上にInGaNXコンタクト層が形成されると、元素XがInAlGaN層を伝播してさらにその下の層へと拡散するのを防止し、素子特性が悪化するのを抑制し得るために好ましい。また、InAlGaN層上のInGaNXコンタクト層は結晶性が良好であるため好ましい。

(電極について) 本発明に係わるInGaNXコンタクト層と接する電極は、具体的には、Pd、Pt、PdSi (Siの割合は約5~20%)、Ti、Al、HfまたはMoによる電極、あるいは、Pd/Au、Pd/Pt/Au、Pd/Mo/Au、Ti/Al、Al/Hf/Alなどの金属多層電極である (InGaNXコンタクト層側から積層された順に記載)。特に、PdまたはPtを含む電極とInGaNXコンタクト層との密着性は、従来の前記電極と窒化物半導体層との密着性に比べて好ましく、その電極剥離を改善することが可能である。

【0030】本発明に係わる電極の厚みは1nm以上600nm以下の範囲が好ましい。さらに好ましくは、5nm以上300nm以下である。電極の厚みが1nm未満では通電したときに短絡が生じやすい。他方、電極の厚みが600nmよりも厚くなると電極剥離が生じやすくなる。5nm以上300nm以下ではより歩留まり率

を向上し得る。

(誘電体膜の厚みについて) 本発明に係わるInGaNXコンタクト層と接する誘電体膜の厚みは、50nm以上500nm以下の範囲が好ましい。さらに好ましくは100nm以上300nm以下である。誘電体膜の厚みがこれらの範囲外であると剥離が生じやすくなる。100nm以上300nm以下ではより歩留まり率を向上し得る。

(基板について) 本発明に係わるInGaNXコンタクト層を含む窒化物半導体素子の基板が、窒化物半導体であることが好ましい。基板が窒化物半導体基板であることによって、格子不整合による転位の発生が減少し、InGaNXコンタクト層の結晶性が向上し得る。また、前記転位を介して元素XがInGaNXコンタクト層以外の層中に伝播し、素子特性を劣化させることも防ぐことができる。さらに、窒化物半導体基板はその上に形成される窒化物半導体素子と近い熱膨張係数を有するため、基板の反りによる誘電体膜剥離や電極剥離を防止することが可能である。

【0031】ここで、窒化物半導体基板とは、少なくともAl<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>N<sub>z</sub> (0 ≤ x ≤ 1, 0 ≤ y ≤ 1, 0 ≤ z ≤ 1, x + y + z = 1) を含む基板である。前記窒化物半導体基板は、それを構成している窒素元素の約10%以下 (ただし、六方晶系であること) が、As、PおよびSbの元素群のうち何れかの元素で置換されても良い。また、前記窒化物半導体基板は、Si、O、C1、S、C、Ge、Zn、Cd、MgおよびBeの不純物群のうち、何れかの不純物が添加されても構わない。

(本発明に係る半導体装置について) 本発明に係るInGaNXコンタクト層を窒化物半導体装置に用いることによって、誘電体膜剥離と電極剥離による素子不良の低減から、信頼性の高い窒化物半導体装置を提供することができる。

<実施の形態2> 本実施の形態2では、本発明に係わるInGaNXコンタクト層を用いた窒化物半導体レーザ素子が図1を用いて説明される。その他の本発明に係わる事柄は、実施の形態1と同様である。

【0032】図1の窒化物半導体レーザ素子は、(0001)面n型GaN基板100、n型In<sub>0.01</sub>Ga<sub>0.99</sub>Nクラック防止層101、n型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nクラッド層102、n型GaN光ガイド層103、発光層104、p型Al<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nキャリアプロック層105、p型GaN光ガイド層106、p型Al<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nクラッド層107、p型GaN層108、p型In<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.01</sub>P<sub>0.01</sub>コンタクト層109、n電極110、p電極111およびSiO<sub>2</sub>誘電体膜112を含んでいる。

【0033】まず、有機金属気相成長(MOCVD)装置を用いてGaN基板100に、V族原料のNH<sub>3</sub>とI50 II族原料のTMGa (トリメチルガリウム)またはTE

7  
 Ga (トリエチルガリウム) に、 TMIn (トリメチルインジウム) の III 族原料と SiH<sub>4</sub> が加えられ、 800°C の成長温度で n 型 In<sub>0.05</sub> Ga<sub>0.95</sub> N クラック防止層 101 が 40 nm 成長された。次に、基板温度が 1050°C に上げられ、 TMA1 (トリメチルアルミニウム) または TEA1 (トリエチルアルミニウム) の III 族原料が用いられて、 1.2 μm 厚の n 型 Al<sub>0.1</sub> Ga<sub>0.9</sub> N クラッド層 102 (Si 不純物濃度 1 × 10<sup>19</sup> / cm<sup>3</sup>) が成長され、 続いて n 型 GaN 光ガイド層 103 (Si 不純物濃度 1 × 10<sup>19</sup> / cm<sup>3</sup>) が 0.1 μm 成長された。

【0034】その後、基板温度が 800°C に下げられ、 3 周期の、 厚さ 4 nm の In<sub>0.1</sub> Ga<sub>0.9</sub> N 井戸層と厚さ 8 nm の In<sub>0.05</sub> Ga<sub>0.95</sub> N 障壁層から構成された発光層 (多重量子井戸構造) 104 が、 障壁層 / 井戸層 / 障壁層 / 井戸層 / 障壁層 / 井戸層 / 障壁層の順序で成長された。その際、 障壁層と井戸層の両方に SiH<sub>4</sub> (Si 不純物濃度は 1 × 10<sup>19</sup> / cm<sup>3</sup>) が添加された。

【0035】発光層に As が添加される場合は AsH<sub>3</sub> (アルシン) または TBA<sub>3</sub> (ターシャリブチルアルシン) を、 発光層に P が添加される場合は PH<sub>3</sub> (ホスフィン) または TBP (ターシャリブチルホスフィン) を、 発光層に Sb が添加される場合は TMSb (トリメチルアンチモン) または TESb (トリエチルアンチモン) をそれぞれ添加すると良い。また、 発光層が形成される際、 N 原料として、 NH<sub>3</sub> 以外にジメチルヒドラジンが用いられても構わない。これらの原料は、 本発明の InGaNX コンタクト層にも用いられる。

【0036】次に、 基板温度が再び 1050°C まで昇温されて、 厚み 20 nm の p 型 Al<sub>0.1</sub> Ga<sub>0.9</sub> N キャリアプロック層 105、 0.1 μm の p 型 GaN 光ガイド層 106、 0.5 μm の p 型 Al<sub>0.1</sub> Ga<sub>0.9</sub> N クラッド層 107 と 0.1 μm の p 型 GaN 層 108 が順次成長された。そして、 基板温度を 700°C に下げて p 型 In<sub>0.1</sub> Ga<sub>0.9</sub> N<sub>0.05</sub> P<sub>0.05</sub> コンタクト層 109 を 20 nm 成長した。前記の p 型 不純物として Mg (Et<sub>2</sub>CP<sub>2</sub>Mg : ビスエチルシクロベンタジエニルマグネシウム) が添加された。

【0037】続いて、 上記で成長されたエビウエハーを MOCVD 装置から取り出して、 電極が形成される。 n 電極 110 は、 エビウエハーの裏面に Hf / Al の順序で形成された。そして、 n 電極 110 に n 型 電極バッドとして Au が蒸着された。前記 n 型 電極材料の他に、 Ti / Al、 Ti / Mo または Hf / Au 等が用いられても構わない。n 電極に Hf が用いられるとき n 電極のコンタクト抵抗が下げるため好ましい。

【0038】p 電極部分はストライプ状にエッティングされ、 リッジストライプ部 (図 1) が形成された。リッジストライプ部の幅は 1.7 μm であった。その後、 SiO<sub>2</sub> 誘電体膜 112 が 200 nm 蒸着され、 p 型 In<sub>0.1</sub>

Ga<sub>0.9</sub> N<sub>0.05</sub> P<sub>0.05</sub> コンタクト層 109 が露出されて、 p 電極 111 が Pd (15 nm) / Mo (15 nm) / Au (200 nm) の順序で蒸着されて形成された。

【0039】本実施の形態で用いられた基板は GaN 基板以外に、 SiC 基板、 GaAs 基板、 Si 基板などが用いられても構わない。しかしながら、 GaN 基板などの窒化物半導体基板を用いた方が本発明による効果が發揮され易い。

【0040】上記で説明された In<sub>0.1</sub> Ga<sub>0.9</sub> N クラック防止層 102 は、 In 組成比が 0.07 以外であっても構わないし、 InGaN クラック防止層自体がなくても構わない。しかしながら、 クラッド層と GaN 基板との格子不整合が大きくなる場合は、 前記 InGaN クラック防止層が挿入された方がクラック防止の点でより好ましい。

【0041】上記で説明された発光層 104 は、 障壁層で始まり障壁層で終わる構成であったが、 井戸層で始まり井戸層で終わる構成であってもよい。また、 井戸層の層数は、 前述の 3 層に限らず、 10 層以下であれば閾値電流密度が低く、 室温連続発振が可能であった。

【0042】上記で説明された発光層 104 は、 井戸層と障壁層の両層に Si (SiH<sub>4</sub>) が 1 × 10<sup>19</sup> / cm<sup>3</sup> 添加されたが、 Si が添加されなくても構わない。また、 井戸層と障壁層の両層に限らず片方の層のみに前記不純物が添加されても良い。

【0043】上記発光層 104 に As もしくは P が含まれていても良い。これらの元素が含まれることによって発光層の電子とホールの有効質量が小さくなつて、 レーザ発振閾値電流密度が低減し得るために好ましい。

【0044】上記で説明された p 型 Al<sub>0.1</sub> Ga<sub>0.9</sub> N キャリアプロック層 107 は、 Al 組成比が 0.3 以外であっても構わないし、 キャリアプロック層自体が無くても構わない。しかしながら、 キャリアプロック層を設けた方が閾値電流密度が低くかった。前記キャリアプロック層の Al 組成比は、 高くすることによってキャリアの閉じ込めが強くなつて好ましい。また、 キャリアの閉じ込めが保持される程度まで Al 組成比を小さくすれば、 キャリアプロック層内のキャリア移動度が大きくなり電気抵抗が低くなつて好ましい。

【0045】上記の説明では、 p 型 クラッド層と n 型 クラッド層として、 Al<sub>0.1</sub> Ga<sub>0.9</sub> N 結晶が用いられたが、 Al の組成比が 0.1 以外の AlGaN 3 元結晶であっても構わない。Al の混晶比が高くなると発光層とのエネルギーギャップ差及び屈折率差が大きくなり、 キャリアや光が該発光層に効率良く閉じ込められ、 レーザ発振閾値電流密度の低減が図られる。また、 キャリアおよび光の閉じ込めが保持される程度まで Al 組成比を小さくすれば、 クラッド層でのキャリア移動度が大きくなり、 素子の動作電圧を低くすることができる。

【0046】上記で説明された AlGaN クラッド層の

厚みは、0.7 μm～1.5 μmが好ましい。このことにより、垂直横モードの単峰化と光り閉じ込め効率が増し、レーザの光学特性の向上とレーザ閾値電流密度の低減が図れる。

【0047】上記で説明されたクラッド層は、AlGaN3元混晶であったが、AlInGaN、AlGaN P、AlGaNAs等の4元混晶であっても良い。さらに、p型クラッド層は、電気抵抗を低減するために、p型AlGaN層とp型GaN層からなる超格子構造、またはp型AlGaN層とp型InGaN層からなる超格子構造を有していても良い。

【0048】上記では、MOCVD装置による結晶成長方法が説明されたが、分子線エピタキシー法(MBE)、ハイドライド気相成長法(HVPE)が用いられても構わない。

【0049】本実施の形態2で説明された窒化物半導体レーザ素子は、本発明によるInGaNXコンタクト層を用いることによって、p電極の剥離が防止されるとともにリッジストライプ部に蒸着されたSiO<sub>x</sub>誘電体膜の剥離も防止することができる。このことによって歩留まりが向上した。

【0050】このようにして作製された窒化物半導体レーザ素子は、レーザプリンター、バーコードリーダー、光の三原色(青色、緑色、赤色)レーザによるプロジェクター等に好ましく用いられる。

＜実施の形態3＞本実施の形態3では、本発明に係わるInGaNXコンタクト層を用いた窒化物半導体発光ダイオード素子が図2を用いて説明される。その他の本発明に係わる事柄は、実施の形態1もしくは実施の形態2と同様である。

【0051】図2の窒化物半導体発光ダイオード素子は、(0001)面n型GaN基板200、n型短周期超格子201、n型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nキャリアブロック層202、発光層203、p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nキャリアブロック層204、p型短周期超格子205、p型In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N<sub>0.05</sub>As<sub>0.95</sub>コンタクト層206、p型透光性電極207、p電極208、n電極209を含んでいる。

【0052】本実施の形態ではn型短周期超格子201として、100周期のAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N(厚み1.5 nm、Siドープあり)／Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N(厚み1.5 nm、Siドープあり)を用いた。発光層203としては、3周期のAl<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N井戸層(厚み2 nm、Siドープあり)／Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N(厚み4 nm、Siドープあり)を用いた。p型短周期超格子205として、100周期のAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N(厚み1.5 nm、Mgドープあり)／Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N(厚み1.5 nm、Mgドープあり)を用いた。また、p型In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N<sub>0.05</sub>As<sub>0.95</sub>コンタクト層206は、p型短周期超格子205のAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N上に30 nm

積層された。p型透光性電極207はPd(7 nm)が、p電極208はAu(500 nm)がそれぞれ用いられた。

【0053】本実施の形態3で説明された発光ダイオード素子は、本発明によるInGaNXコンタクト層を用いることによってp型透光性電極207を含む電極の剥離が防止され、歩留まりが向上した。

【0054】本発明に係るコンタクト層を用いた発光ダイオードは、紫外線光源装置、白色光源装置または表示装置などに好ましく用いることができる。

＜実施の形態4＞本実施の形態4では、本発明に係わるInGaNXコンタクト層を用いた窒化物半導体レーザ素子が図3を用いて説明される。その他の本発明に係わる事柄は、実施の形態1または実施の形態2と同様である。

【0055】図3の窒化物半導体レーザ素子は、サファイア基板300、GaNバッファ層301、n型InGaNXコンタクト層302、n型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nクラッド層303、n型GaN光ガイド層304、発光層305、p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nキャリアブロック層306、p型GaN光ガイド層307、p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nクラッド層308、p型In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N層309、p型In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N<sub>0.05</sub>P<sub>0.05</sub>コンタクト層310、n電極311、p電極312およびSiNx誘電体膜313を含んでいる。

【0056】本実施の形態の半導体レーザ素子は、ドライエッチングを用いてn型InGaNXコンタクト層302が図3のように露出され、その面に接してn電極311が形成された。

【0057】n型InGaNXコンタクト層302として、例えばIn<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N<sub>0.05</sub>P<sub>0.05</sub>コンタクト層(厚み100 nm、Si不純物濃度: 2 × 10<sup>18</sup> / cm<sup>3</sup>)が用いられる。n電極311としてはTi(15 nm)／Al(30 nm)／Ti(20 nm)／Au(200 nm)が用いられる。

【0058】本実施の形態の窒化物半導体レーザ素子は、本発明によるInGaNXコンタクト層を用いることによって、n電極の剥離とその両脇のSiNx誘電体膜が剥離されるのを防止することができる。このことによって歩留まりが向上した。さらに、InGaNXコンタクト層はドライエッチング等の処理を行ってもエッティングによる表面損傷が小さかった。

【0059】本実施の形態のp型In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N<sub>0.05</sub>P<sub>0.05</sub>コンタクト層310とp電極312、およびSiNx誘電体膜313との関係は、実施の形態2と同様である。

【0060】本実施の形態で用いられた基板はサファイア基板以外に、SiC基板、GaN基板、AlGaN基板、GaAs基板、Si基板などが用いられても構わない。

## 【0061】

【発明の効果】本発明によれば、窒化物半導体層上に形成された誘電体膜の、または窒化物半導体層上に形成された電極の、密着性を改善しその剥離を防止することが可能である。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】窒化物半導体レーザ素子の一例を表した図である。

【図2】窒化物半導体発光ダイオード素子の一例である。

【図3】窒化物半導体ヘテロ接合型電界効果トランジスタ素子の一例である。

## 【符号の説明】

100、200…n型GaN基板

101…n型In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nクラック防止層

102、303…n型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nクラッド層

103、304…n型GaN光ガイド層

104、203、305…発光層

105、306…p型Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Nキャリアプロック層

\*106、307…p型GaN光ガイド層

107、308…p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nクラッド層

108…p型GaN層

109、310…p型In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N<sub>0.05</sub>P<sub>0.05</sub>コンタクト層

110、209、311…n電極

111、208、312…p電極

112…SiO<sub>2</sub>誘電体膜

313…SiNx誘電体膜

10…201…n型短周期超格子

202…n型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nキャリアプロック層

204…p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nキャリアプロック層

205…p型短周期超格子

206…p型In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N<sub>0.05</sub>As<sub>0.05</sub>コンタクト層

207…p型透光性電極

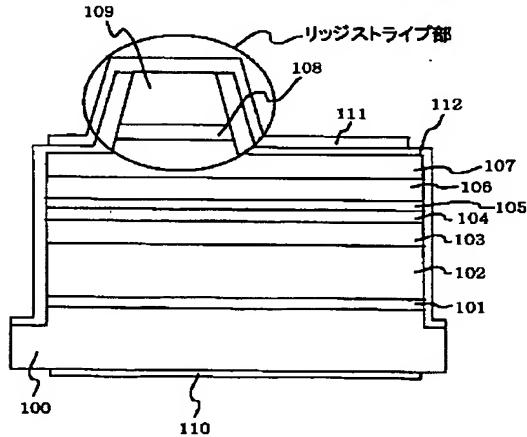
300…サファイア基板

301…GaNバッファ層

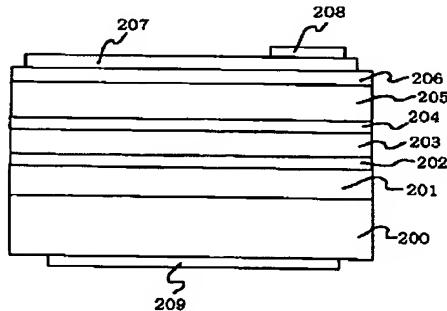
302…n型In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N<sub>0.05</sub>P<sub>0.05</sub>コンタクト層

\*20 309…p型In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N層

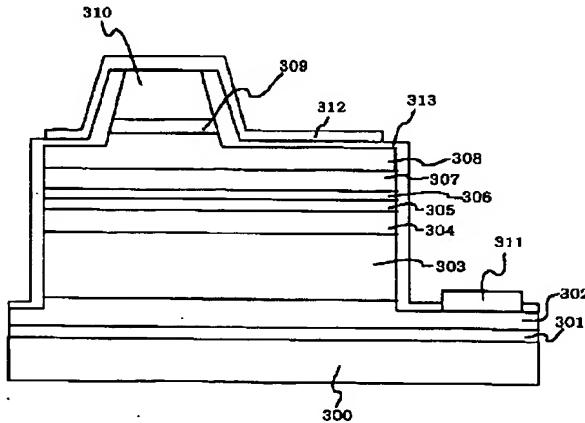
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

F ターム(参考) 4M104 AA05 BB06 BB07 CC01 FF02  
FF13 GG04 HH08  
5F041 AA41 CA40 CA46 CA65 CA85  
CA88 FF01  
5F073 AA13 AA74 BA07 CA07 CB02  
CB19 CB21 DA05 DA30 EA29